



## Agroindustrial Science

Agroind Sci 3 (2013)

Escuela de Ingeniería  
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

### Uso de residuos agroindustriales de La Libertad en la elaboración de un pan integral

#### *Using waste of La Libertad agroindustry in developing a bread*

Cinthia Ricce, Marlon Leyva, Iván Medina, Jaider Miranda, Luiz Saldarriaga, Josimar Rodriguez, Raúl Siche\*

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú.

Recibido 27 mayo 2013; aceptado 06 junio 2013.

#### RESUMEN

El presente estudio muestra el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por polvos de peladilla de espárrago, brácteas de alcachofa y salvado de trigo sobre las características sensoriales del pan integral, para ello se realizaron previamente los procesos de molienda y tamizado de los ingredientes mencionados. El efecto fue analizado aplicando un diseño de mezclas de superficie de respuesta. Se elaboraron diez tratamientos que contenían en total el 15% de sustitución de los ingredientes ricos en fibra mencionados, solos o en mezcla. Se evaluó la percepción de los consumidores en cuanto al color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general del pan integral, esta percepción fue medida utilizando una escala hedónica de 9 puntos. Las respuestas fueron estimadas mediante el modelo de regresión lineal y cuadrática para predecir las ecuaciones de las características sensoriales. Obteniendo como mezcla óptima la siguiente composición: harina de peladilla de espárrago 4.5%, harina de brácteas de alcachofa 0.75% y de salvado de trigo 9.75%.

**Palabras clave:** Peladilla de espárrago, brácteas de alcachofa, salvado de trigo, fibra, molienda, tamizado, diseño de mezclas, superficie de respuesta, características sensoriales..

#### ABSTRACT

The present study shows the effect of the partial substitution of flour of wheat for powders of sugared almond of asparagus, bracts of artichoke and bran of wheat on the sensory characteristics of the wholemeal bread, for it the processes of grinding were realized before and sifted of the mentioned ingredients. The effect was analyzed applying a design of surface mixtures of response. There were elaborated ten treatments that were containing in total 15 % of substitution of the rich ingredients in fiber mentioned, alone or in mixture. The perception of the consumers was evaluated as for the color, smell, flavor, texture and general acceptability of the wholemeal bread, this perception was measured using a scale hedónica of 9 points. The answers were estimated by means of the model of linear and quadratic regression to predict the equations of the sensory characteristics. Getting as optimal mixture of the following composition: asparagus flour confection of 4.5%, artichoke bracts flour 0.75% and 9.75% wheat bran.

**Keywords:** rind of asparagus, bracts of artichoke, bran of wheat, fiber, grinding, sifted, design of mixtures, surface of response, sensory characteristics.

#### 1. Introducción

En los últimos años ha cobrado importancia el consumo de alimentos integrales, el salvado de trigo y otros productos vegetales como la espinaca, cebolla, berro y frutos secos, así como

ingerir las cáscaras de frutas y verduras en las que sea posible, como fuente de fibra en nuestra alimentación. La fibra garantiza además el suministro de carbohidratos de digestión lenta que mantienen las reservas necesarias de energía para el organismo.

\*Autor para correspondencia.  
Email: [rsiche@unitru.edu.pe](mailto:rsiche@unitru.edu.pe) (R. Siche)

Existen multitud de subproductos de desecho, baratos y que abundan en grandes cantidades, cuyo uso más común hasta hace poco tiempo ha sido bien para tirarlos, o en el mejor de los casos como fertilizantes o para alimentación animal (Grigelmo y Belloso, 1999) o producción de energía mediante su combustión. La alcachofa y el espárrago en el proceso de su pelado originan un material de desecho que puede constituir hasta el 40-50% de su peso fresco.

Entre los productos que pueden recuperarse de los subproductos del se encuentra la fibra, que puede tener gran valor en la preparación de alimentos funcionales (Heredia *et al.*, 2003).

La fibra recuperada de desechos de alcachofa y espárragos pueden ser muy útiles en la suplementación de dietas; su relación fibra insoluble/fibra soluble mayor que la de ciertos cereales ejerciendo efectos beneficioso en la regulación intestinal (Grigelmo y Belloso, 1999) y podrían usarse como ingredientes funcionales en productos de panadería, bebidas dietéticas, etc.

El pan es la base de la dieta tradicional, por consiguiente debe constituir una fuente importante de fibra, lo cual se logra en cierta parte con el consumo de pan integral, que respecto al pan blando es más rico en fibra alimentaria no hidrosoluble (celulosas y hemicelulosas), además de proteínas, minerales y vitaminas del grupo B. El pan integral además tienen un mayor poder saciante y de digestión más fácil (Lezaeta, 2006).

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto y los rangos óptimos de la adición de peladilla de espárrago, brácteas de alcachofa en polvo y salvado de trigo en la sustitución de harina sobre las características sensoriales del pan integral, empleando el método del diseño de mezcla de superficie de respuesta.

## 2. Materiales y métodos

Las pruebas experimentales fueron realizadas en el laboratorio de Ingeniería de Operaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo.

### Materia Prima

Se utilizó peladilla (cáscaras) de espárrago blanco (*Asparagus officinalis* L.) y brácteas de alcachofa (*Cynara scolymus*), salvado de trigo y harina de trigo industrial blanca.

### Obtención de harina de peladilla de espárrago y brácteas de alcachofa

La peladilla de espárrago y las brácteas de alcachofa fueron seleccionadas separando el material extraño, turiones u otros residuos del procesamiento. Luego se realizó un lavado con agua potable para eliminar impurezas, posteriormente se realizó también la desinfección con una solución de 5ml de cloro en 10 litros de agua durante 5 minutos y nuevamente un enjuague con agua potable. Luego se dejó orear y

escurrir la peladilla y brácteas para ser secadas posteriormente en un horno a 90°C por 6 horas.

### Molienda y tamizado

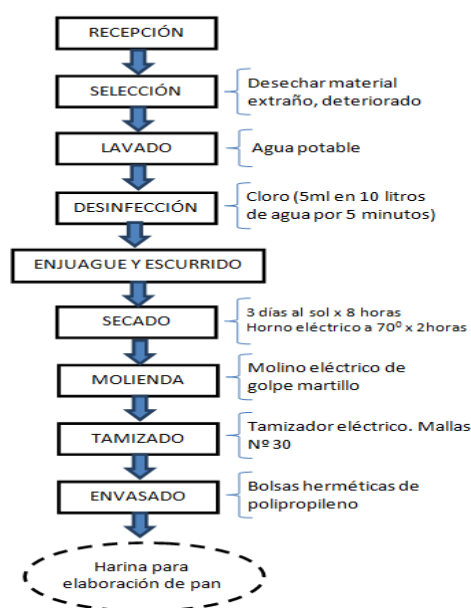
Para la molienda de la peladilla de espárrago se empleó un molino de pan de la marca "NOVA" con una eficiencia del 95%. En el caso de la alcachofa se empleó un Molino de martillos con una eficiencia del 70 % obteniendo harinas de granulometrías muy variadas, por lo cual para hacer una caracterización se realizó el proceso de tamizado utilizando un tamizador eléctrico de la marca RO-TAP. El tamizado proporcionó granulometrías de 2.36mm, 850µm, 425µm, 300µm y 180µm. Tomando únicamente las tres últimas granulometrías por ser las más finas. Cada harina obtenida fue envasada en bolsas herméticas de polipropileno según su granulometría.

### Determinación de humedad

Para determinar la humedad se utilizó un analizador de humedad de la marca RADWAG max.

### Formulación base para la elaboración del pan

Harina de trigo: 53%, Agua 29%, azúcar y manteca vegetal 8%, sal 1%, levadura seca 0.7%, ácido ascórbico 0.3%. Los porcentajes de sustitución de los polvos de peladilla de espárrago, brácteas de alcachofa y salvado de trigo, solos o en mezcla, fueron el 15 % del total de la harina de trigo empleada.



**Figura 1.** Esquema experimental para para la obtención de harina de peladilla de espárrago y brácteas de alcachofa.

### Evaluación de las características sensoriales

Para la determinación de las características sensoriales evaluadas por los panelistas se utilizó una prueba de aceptabilidad por clasificación hedónica de nueve puntos, donde 9 fue "me gusta extremadamente" y 1 "me disgusta extremadamente".

Se evaluaron las características de olor, color, sabor, textura, y aceptabilidad general. Se trabajó con un número total de 29 panelistas entre 20 y 50 años. Se presentaron las muestras en orden de tratamiento, pero sin permitir que los panelistas conozcan el porcentaje del contenido de los ingredientes.

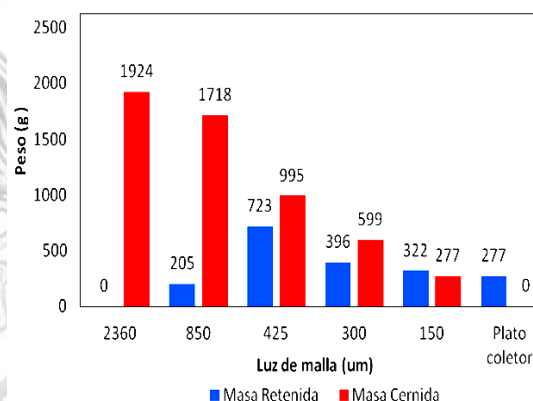
### Diseño estadístico

Para el procesamiento de datos se empleó un diseño de mezcla y triángulo de superficies (Thompson y Miers, 1968), el cual corresponde a un triángulo que representa todo el universo de posibilidades de mezclas de polvo de peladilla de espárrago, polvo de brácteas de alcachofa y salvado de trigo, el cual permitirá optimizar las características sensoriales (Tabla 2). El análisis se realizó con el programa Statistica for Windows Software, versión 6.0 (Statsoft USA, 2004). Con un nivel de confianza fue del 95%.

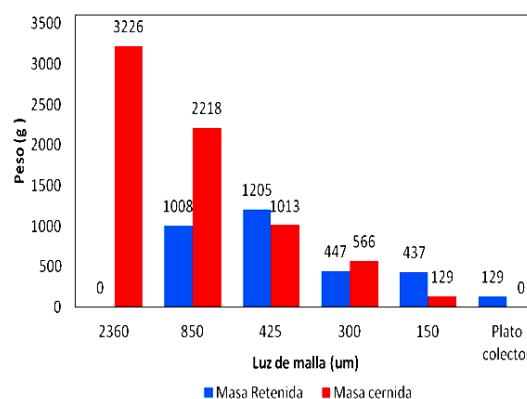
### 3. Resultados y discusión

La humedad inicial de la peladilla de espárrago fue de 96.655%, la de brácteas de alcachofa fue de 87.332%. Luego de la operación de secado y molido la humedad de la harina de peladilla de espárrago fue de 4.832% y de brácteas de alcachofa fue de 10.231%. Pérez y Márquez (2006), usaron harina de peladilla de espárrago con humedad de 6.24% para la sustitución de harina de trigo para la elaboración de galletas dulces, valor que se aproxima al nuestro. No se encontraron referencias respecto a la humedad de la harina de brácteas de alcachofa.

Tras el tamizado se clasificó la harina en granulometrías diversas, siendo de mayor importancia para la elaboración de pan la harina de 425 $\mu$ m (Márquez et al., 2008). Obteniendo 995.23g (52%) del total (1923.53 g) de polvo de brácteas de alcachofa y 1013 g (31.24%) del total (3226.10 g) de polvo de peladilla de espárrago útiles (Figura 2 y 3).



**Figura 2.** Caracterización de la harina de brácteas de alcachofa.



**Figura 3.** Caracterización de la harina de peladilla de espárrago.

En las figuras 2 y 3 se observa que al disminuir el tamaño de la luz de malla del tamiz aumenta el porcentaje de retención de las harinas, la mayor retención se dio en los tamices de 850 $\mu$ m y 425 $\mu$ m donde se retuvo cerca del 50 %, para la harina de brácteas de alcachofa, y un 70%, para la harina de peladilla de espárrago, esto se dio debido a que las harinas tenían un tamaño de partícula mayor al 425 $\mu$ m. En cuanto al cernido, se puede ver que mientras menor es el tamaño de luz de malla del tamiz, menor es la cantidad que logra atravesar el tamiz, debido a la resistencia al paso de partículas que ofrece cada tamiz.

### Evaluación de las características sensoriales

Las características sensoriales del pan, para las diez formulaciones se evaluaron con una prueba afectiva de escala hedónica de 9 puntos (Tabla 1).

Los valores de aceptabilidad para todas las características sensoriales evaluadas indicaron que los tratamientos con mayores contenidos de salvado de trigo y peladilla de espárrago presentaron niveles de percepción positivos de acuerdo a la escala empleada. Se aprecia que con el incremento gradual del contenido de polvo de brácteas de alcachofa, los niveles de percepción fueron disminuyendo.

### Modelos de regresión aplicados sobre las características sensoriales del pan

Para detectar y explicar el efecto de los ingredientes de la mezcla sobre las características sensoriales evaluadas del pan integral, las respuestas observadas por los panelistas (Tabla 1), fueron ajustadas a varios modelos (lineal, cuadrático y cúbico especial) mediante la regresión múltiple hasta encontrar el modelo adecuado. Luego estos fueron sometidos de manera secuencial a un análisis de varianza (Follegatti 2002). La mayor calificación por los panelistas según la escala hedónica fueron: Color 7.73 (T8), Olor 7.26 (T1), Sabor 7.93 (T8), Textura 7.24 (T8), Aceptabilidad General 7.79 (T8).

Los modelos seleccionados fueron las ecuaciones polinomiales de superficie respuesta de modelo lineal y cuadrático descrito por Cauvain y Young (2002) con sus respectivos coeficientes de determinación, que se aproximan al rango que describe Hour (1980) quien afirma que un coeficiente de determinación mayor de

0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los 3 componentes sea 1 para pseudo-componentes. Las ecuaciones generadas por estos modelos se muestran a continuación:

**Tabla 1.** Polvo de peladilla de espárrago, polvo de brácteas de alcachofa y salvado de trigo en la formulación del pan

Tratamiento	E	A	T	Color			Olor			Sabor			Textura			Aceptabilidad General		
				Exp.	Modelo	Desvio	Exp.	Modelo	Desvio	Exp.	Modelo	Desvio	Exp.	Modelo	Desvio	Exp.	Modelo	Desvio
1	0%	0%	15%	7.15	7.68	7.4%	7.35	7.26	1.2%	6.74	6.93	2.8%	7.05	7.21	2.3%	6.88	7.48	8.8%
2	15%	0%	0%	7.05	7.32	3.9%	5.40	5.69	5.4%	5.00	4.94	1.2%	6.57	6.97	6.1%	6.04	6.49	7.4%
3	0%	15%	0%	3.36	3.25	3.2%	5.26	4.96	5.7%	3.38	3.29	2.8%	5.46	5.69	4.2%	3.94	4.13	4.7%
4	7.5%	0%	7.5%	7.33	7.50	2.3%	6.62	6.475	2.1%	6.17	5.94	3.8%	6.79	7.09	4.4%	6.84	6.99	2.1%
5	0%	7.5%	7.5%	5.57	5.47	1.8%	5.46	6.11	11.9%	6.80	7.44	9.4%	6.48	6.45	0.5%	5.74	5.81	1.1%
6	7.5%	7.5%	0%	5.58	5.29	5.3%	5.50	5.325	3.2%	5.83	5.77	1.0%	6.85	6.33	7.6%	5.62	5.31	5.4%
7	5%	5%	5%	6.52	6.08	6.7%	6.00	5.97	0.5%	6.68	6.82	2.1%	6.90	6.62	4.0%	6.00	6.03	0.6%
8	2.5%	2.5%	10%	7.73	6.88	10.9%	6.86	6.615	3.5%	7.93	7.21	9.0%	7.24	6.92	4.5%	7.79	6.76	13.3%
9	10%	2.5%	2.5%	6.83	6.70	1.9%	6.00	5.83	2.8%	6.11	5.99	2.0%	7.10	6.80	4.2%	6.61	6.26	5.3%
10	2.5%	10%	2.5%	4.58	4.67	1.9%	5.24	5.465	4.3%	5.68	5.94	4.6%	5.82	6.16	5.8%	4.83	5.08	5.1%

**Tabla 2.** Análisis de varianza de las características sensoriales de pan

Modelo	Color		Olor		Textura		Sabor		Aceptabilidad general	
	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>
Lineal	0.000	0.925	0.001	0.839	0.020	0.668	0.056	0.560	0.002	0.818
Cuadrático	0.554	0.953	0.083	0.964	0.275	0.862	0.024	0.949	0.633	0.876
Cúbico	0.631	0.957	0.417	0.972	0.898	0.863	0.756	0.950	0.952	0.876

Donde los resultados de las ecuaciones representan valores de las características sensoriales estimadas; E, T y A corresponden a las fracciones de las harinas de Espárrago, Salvado de Trigo y Alcachofa respectivamente. El modelo elegido fue significativo puesto que sus respectivos  $p < 0.05$ . (Tabla 2).

Los resultados de las ecuaciones fueron comparados con las respuestas observadas de los panelistas y se obtuvo una desviación entre ellos, el modelo se acepta solo para valores menores a 10% de desviación, no obstante se observa valores superiores a este (tabla 1), por lo que es necesario realizar un ajuste con rangos óptimos de las harinas. Estas ecuaciones tienen signo positivo, que está asociado con los efectos combinados o de interacción, sugiere sinergia, es decir que respuestas mayores resultan cuando se mezclan esos componentes. Por el contrario, el signo negativo implicaría efecto antagónico entre los componentes, o sea que se producen respuestas menores (Cho et al., 2009).

$$\text{Color} = 7.32 * E + 3.52 * A + 7.68 * T \quad (R^2 = 0.925)$$

$$\text{Olor} = 5.69 * E + 4.96 * A + 7.26 * T \quad (R^2 = 0.839)$$

$$\text{Sabor} = 4.94 * E + 3.29 * A + 6.93 * T + 6.61 * (E * A) + 1.81 * (E * T) + 7.52 * (A * T) \quad (R^2 = 0.949)$$

$$\text{Textura} = 6.97 * E + 5.69 * A + 7.21 * T \quad (R^2 = 0.668)$$

$$\text{Aceptación General} = 6.49 * E + 4.13 * A + 7.48 * T \quad (R^2 = 0.818)$$

#### Generación de superficies de respuesta, rangos de aceptabilidad y optimización de valores

Las gráficas tridimensionales generadas por el modelo lineal para todas las características sensoriales evaluadas del pan se presentan en la Figura 4. Se observa que presentan un comportamiento positivo en su aceptación sensorial a medida que el contenido de polvo de cáscara de espárrago aumenta, acompañado por el salvado de trigo; a diferencia del polvo de brácteas de alcachofa que genera los menores valores de aceptación.

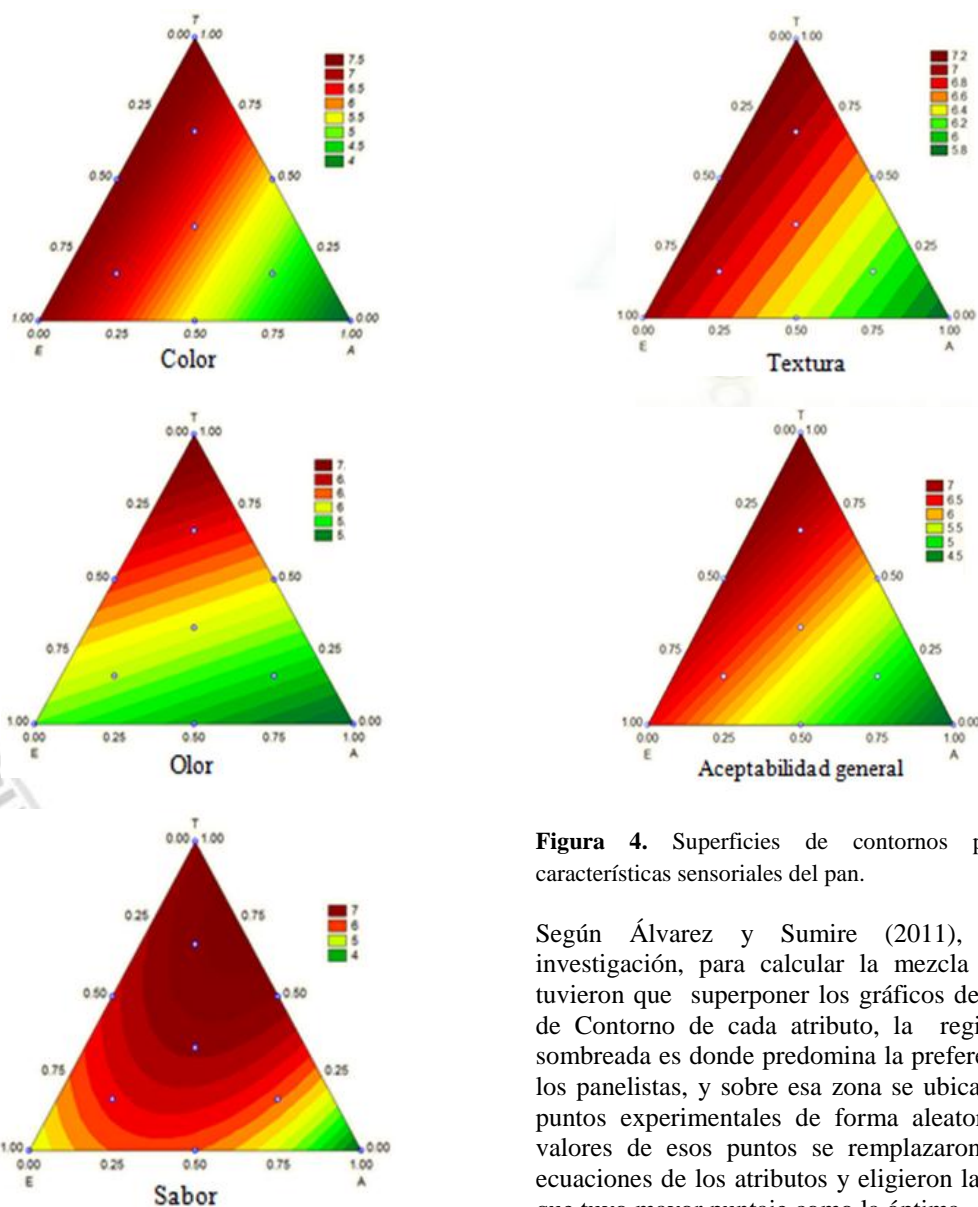


La influencia simultánea de las harinas de peladilla de esparrago, alcachofa y salvado de trigo sobre las características sensoriales del pan integral se pudo observar en las curvas de contorno de las mezclas de la Figura 4. Donde las regiones de interés o de máxima aceptación

para cada una de las características sensoriales son representadas por la zona roja (Cornell. 2002). La zona de interés se delimitó y se procedió a calcular los rangos óptimos de las harinas de esparrago, alcachofa y de salvado de trigo.

**Tabla 3.** Rango de aceptabilidad y optimización de la mezcla para la elaboración de pan integral.

Variable	Rango (%)			Valor óptimo del rango (%)			Mejor Tratamiento (Panelistas)	Modelo	Desvío
	E	A	T	E	A	T			
Color	0 a 15	0 a 1.65	0 a 15	7.5	1.5	6	7.68	7.084	7.76%
Olor	0 a 3.75	0 a 1.65	11.25 a 15	2.25	1.5	11.25	7.35	6.7945	7.56%
Sabor	0 a 4.5	1.5 a 7.5	6 a 15	3	3	9	7.93	7.19	9.31%
Textura	0 a 12.6	0 a 1.65	2.55 a 15	10.95	1.5	2.55	7.24	6.8828	4.93%
Aceptabilidad General	0 a 5.25	0 a 1.5	9.75 a 15	4.5	0.75	9.75	7.79	7.065	9.94%



**Figura 4.** Superficies de contornos para las características sensoriales del pan.

Según Álvarez y Sumire (2011), en su investigación, para calcular la mezcla óptima, tuvieron que superponer los gráficos de Curvas de Contorno de cada atributo, la región más sombreada es donde predomina la preferencia de los panelistas, y sobre esa zona se ubicaron tres puntos experimentales de forma aleatoria. Los valores de esos puntos se remplazaron en las ecuaciones de los atributos y eligieron la mezcla que tuvo mayor puntaje como la óptima.

#### 4. Conclusiones

En la evaluación sensorial, los panelistas jugaron un papel importante, ya que ayudaron a encontrar la mezcla óptima, siendo sus preferencias hacia el Tratamiento 8 para color, sabor, textura ya aceptabilidad general, mientras que el tratamiento 1 fue el preferido por su olor.

En la evaluación sensorial los atributos color, olor, textura y aceptabilidad general evaluados obtuvieron diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ) para el modelo lineal; mientras que el atributo sabor se explica mejor en un modelo cuadrático ( $p = 0.024$ ).

La mezcla óptima para la elaboración del pan integral presentó la siguiente composición: harina de peladilla de espárrago 4.5%, harina de brácteas de alcachofa 0.75% y de salvado de trigo 9.75%. Esta mezcla fue optimizada respecto a la aceptabilidad general; maximizando así la proporción de harina de peladilla de espárrago y brácteas de alcachofa y minimizando el uso del salvado de trigo.

Los valores óptimos son aceptables dado que al ser remplazados en la ecuación del modelo de aceptabilidad nos da una desviación menor al 10% respecto al mejor puntaje dado por los panelistas.

#### 5. Referencias Bibliográficas

Álvarez M.; Sumire, D. 2011. Elaboración y evaluación de una infusión hipocalórica, a base de stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*). Universidad Peruana Unión. Lima-Perú.

Cauvain S.; Young L. 2002. Fabricación de pan. España. Editorial Acirbia S.A. 419pp.

Cornell J. A. 2002. Experiments with Mixtures: Design. Models and the Analysis of Mixtures 3rd Ed. New York&Sons.

Follegatti L. 2002. Formulación y Evaluación Sensorial de mezclas de manzanilla común (*Matricaria chamomilla* L.) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus* (CD.) Staf.) Conteniendo corteza de una de gato (*Uncaria tomentosa* (Willd) DC.) para su uso en infusiones. [Tesis de Magíster Scientiae]. Lima: escuela de post grado – especialidad tecnología de alimentos. Universidad nacional Agraria la Molina. 162pp.

Grigelmo N.; Belloso, M. 1999. Comparison of dietary fibre from by products of processing fruits and greens and from cereals. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 32: 503 - 508.

Heredia A.; Jimenez A.; Fernández-Bolaños J.; Guillén R.; Rodríguez R. 2003. Fibra Alimentaria. Biblioteca de Ciencias. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Editorial Raycar S.A. Madrid, España.

Hour S., Ahmed P.; Rao C. 1980. Formulation and sensory evaluation of a fruit punch containing watermelon juice. *Journal of Food Science*. 45 (1): 809 – 813.

Lezaeta R. 2006. Manual de Alimentación Sana. Segunda Edición. Editorial Pax México. México.

Márquez L., Siche R., Pretell C., Miranda R. 2008. Efecto de la adición parcial de cáscara de espárrago y brácteas de alcachofa en polvo y salvado de trigo en sustitución de harina sobre las características sensoriales del pan. Trujillo, Perú. *Rev. Pueblo Continente* 19(2):.229-237.

Pérez J.; Márquez F. 2006. Caracterización fisicoquímica y funcional de harina de cáscara de espárrago blanco (*Asparagus officinalis* L.) y evaluación sensorial de sustituciones en galletas dulces. *Rev. Pueblo Continente* 17(2): 167-172.

Rae-Cho R.; Shin R.; Choi, Y.; Kovach, J. 2009 Development of a multidisciplinary optimization process for designing optimal pharmaceutical formulations with constrained experimental regions. *Int J Adv Manuf Technol*. 44 (9-10): 841-853.

Thompson W.O.; Miers R.H. 1968. Response Surface for Experiments with Mixtures. *Technometrics* 10: 739-755.

